

공업 계열 고등학교 컴퓨터 구조 교과서의 연산 장치 영역 내용의 문제점 분석

이상욱, 서태원
고려대학교 컴퓨터교육과

e-mail: lesa@korea.ac.kr, suhtw@korea.ac.kr

A Problem Study of Arithmetic Section Contents in Computer Architecture Textbooks of the Technical High School

Sangwook Lee and Taeweon Suh
Dept. of Computer Science Education, Korea University

요 약

국가 교육과정에서 컴퓨터 하드웨어만을 교과 내용으로 하는 최초의 과목은 4차 교육과정 시기 중 공업 계열 고등학교에 신설된 '전자 계산기 구조' 과목으로 현재의 '컴퓨터 구조' 과목에 해당된다. 컴퓨터 구조 과목의 교과 목표는 학습자가 컴퓨터의 구조와 동작 원리를 바르게 이해하고 컴퓨터를 효율적으로 활용할 수 있도록 하는데 있다. 교과 목표를 위해서는 교과서의 내용이 정확해야 하고 현재의 컴퓨터 구조를 바르게 반영하고 있어야 한다. 본 연구에서는 공업 계열 고등학교의 컴퓨터 구조 과목에 제시된 연산 장치 영역 내용의 문제점을 컴퓨터 구조 전문 서적과의 비교를 통해 파악해 보고자 하였다. 연구 결과, 교과서의 연산 장치 영역에는 정확성과 일관성이 결여된 개념 정의와 현재의 CPU 구조를 반영하지 못한 내용이 포함되어 있었다. ALU와 연산 장치에 대한 설명이 교과서별 상이하였고, 연산 장치의 구성 요소들은 현재 사용되고 있는 CPU 구조를 바르게 나타내고 있지 않았다. 이러한 문제점들은 컴퓨터 과학의 역사적, 기술적 고찰을 통해 개선될 필요가 있다.

1. 서론

우리나라의 국가 교육과정에서 컴퓨터 관련 과목은 2차 교육과정 시기 중 1971년 문교부령 제286호로 공포된 실업계 고등학교 교육과정에 따라 상업 계열에 '전자 계산기 일반'의 4과목이 신설되었고 공업 계열에 '전자 계산기' 과목이 도입된 것이 시초이다. '전자 계산기' 과목은 컴퓨터 하드웨어에 대한 내용뿐만 아니라 프로그래밍에 대한 내용을 포함하고 있었기 때문에 컴퓨터 구조 전문 과목으로 보기는 힘들었다. 컴퓨터 하드웨어만을 교과 내용으로 하는 최초의 과목은 4차 교육과정 시기 중 1981년 문교부 고시 제442호에 따른 공업 계열 고등학교 교육과정에 신설된 '전자 계산기 구조' 과목이다. 이후 컴퓨터 구조 관련 과목은 교육부 고시 제1997-12호에 따른 공업 계열 고등학교 「2·1체제」 교육 과정에서 '컴퓨터 구조 기초'와 '컴퓨터 구조 응용'으로 나누어졌으며, 7차 교육과정 시기 중 교육부 고시 제1997-15호에 따른 공업 계열 고등학교 전문 교과 교육과정[1]에서 '컴퓨터 구조' 과목으로 통합되었다.

컴퓨터 구조 과목은 실업계 고등학교에서 전자, 전산 분야를 전공하는 학생들이 선택하여 컴퓨터의 기본적인 구

조 및 동작 원리를 습득하는 과목으로 학생들이 전체 컴퓨터 시스템의 구성을 체계적으로 이해한 후 컴퓨터를 효율적으로 활용할 수 있도록 하는데 목적을 둔다. 컴퓨터 구조 과목의 교과 목표를 위해서는 교수-학습 과정의 핵심 자료 중 하나인 교과서의 역할이 무엇보다 중요하다. 교과 내용의 정확성 면에서는 오류가 없어야 하고 교과 내용의 적합성 면에서는 최신의 컴퓨터 과학 기술을 반영하고 있어야 한다. 본 연구에서는 현재 공업 계열 고등학교에서 활용되고 있는 4종의 컴퓨터 구조 교과서 [2][3][4][5]와 현재 대부분의 대학에서 컴퓨터 구조 전공 교재로 활용되고 있는 컴퓨터 구조 전문 서적[6]과의 비교를 통해 컴퓨터 구조 교과서에 존재하는 문제점을 파악하고자 하였다.

2. 관련 연구

이상욱[7]은 일반계 고등학교 정보 교과서와 컴퓨터 전문 서적과의 비교 분석을 통해 정보 교과서에 제시된 주기억 장치와 가상 메모리에 대한 내용상의 문제점을 분석하고 개선 방안을 제시하였다. 연구 결과, 실행 중인 프로그램과 실행에 필요한 데이터를 일시적으로 저장하는 주기억 장치를 현재의 반도체 기술로는 DRAM으로 구현하고 있기 때문에 주기억 장치의 종류에 ROM을 포함시킨

본 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기본연구지원사업 지원을 받아 수행되었음(2012008231)

교과서의 내용은 적절하지 않다고 보았다. 또한 교과서에서는 가상 메모리의 개념을 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치처럼 사용하는 것으로 설명하고 있는데, 이것은 가상 메모리와 스왑 스페이스를 구분하지 못해 나타난 오류임을 확인하였다. 그리고 주기억 장치보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 가상 메모리를 사용한다는 교과서의 내용은 주기억 장치가 충분히 커진 현재의 컴퓨팅 환경에는 적합하지 않은 내용으로, 현재는 효과적인 멀티태스킹을 위해 가상 메모리를 사용한다는 점을 더 강조할 것을 제안하였다.

본 연구는 컴퓨터 관련 교과 내용 중 하드웨어 영역의 문제점을 분석했다는 점에서 관련 연구와 공통점이 있다. 하지만 공업 계열 고등학교 전문 교과를 연구의 대상으로 삼았다는 점과 연산 장치 영역을 다루었다는 점에서 관련 연구와 차이가 있다.

3. 교과서와 전문 서적의 연산 장치

3.1 교과서의 연산 장치

<표 1>은 4종의 컴퓨터 구조 교과서의 연산 장치 영역에 제시된 연산 장치의 개념 및 구성 요소에 대한 내용을 정리한 것이다.

4종의 교과서는 공통적으로 연산 장치를 산술 연산과 논리 연산을 수행하는 장치로서 산술 연산 회로(산술 논리 회로), 누산기(accumulator), 레지스터 등으로 구성되었다고 설명하였다. 하지만 ALU(Arithmetic Logic Unit)에 대한 내용이 교과서별 상이함을 보였는데, 일부의 교과서는 ‘연산 장치’를 나타내는 용어로 사용한 반면 다른 교과서에서는 연산 장치의 구성 요소 중 하나인 ‘산술 연산 회로’를 나타내는 용어로 사용하였다.

4종의 교과서에서 공통적으로 언급한 연산 장치 구성 요소로는 산술 연산 회로, 누산기, 데이터 레지스터, 상태

레지스터 등이 있다. 교과서별 연산 장치 구성 요소의 차이점은 1종의 교과서에서 산술 연산 회로와 논리 연산 회로를 함께 언급하였고, 3종의 교과서에서 보수기를 추가적으로 언급하였으며, 1종의 교과서에서 산술 연산 회로를 언급하지 않고 가산기를 포함시켰다. 그리고 1종의 교과서에서 ‘산술 연산 회로’ 대신 ‘연산기’라는 용어를 사용하였다.

3.2 전문 서적의 연산 장치

현재 전 세계 대부분의 대학에서 컴퓨터 구조 전공 교재로 활용되고 있는 Patterson[6]은 CPU 내에서 제어 장치를 제외한 나머지 부분, 즉 연산 기능을 수행하는 부분을 ‘데이터패스(datapath)’라는 용어를 사용하여 표현하였다. 그리고 데이터패스는 ALU, 가산기, 레지스터 등으로 이루어진다고 설명하였다.

전문 서적에서 설명하고 있는 구성 요소 중 ALU는 4종의 교과서에서 공통적으로 언급한 구성 요소 중 하나인 산술 연산 회로에 해당한다고 볼 수 있다. 그러나 교과서에서 공통적으로 언급한 누산기는 전문 서적에서는 언급하지 않았다.

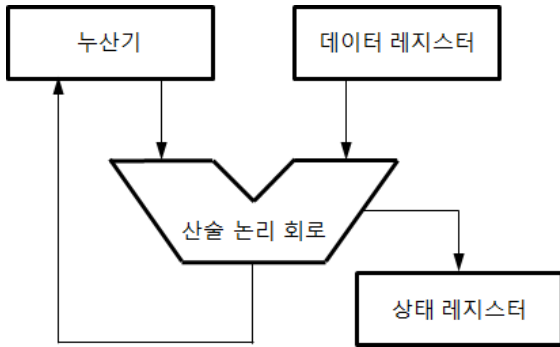
4. 교과서의 연산 장치 영역 내용의 문제점

전문 서적과의 비교를 통해 살펴본 컴퓨터 구조 교과서의 연산 장치 영역에는 정확성과 일관성이 결여된 개념 정의와 현재 CPU 구조를 반영하지 못한 내용이 포함되어 있었다.

ALU에 대한 설명에 있어서, 2종의 교과서는 CPU 내에서 연산 기능을 수행하는 부분 전체를 의미하는 용어로 사용하였으나 다른 2종의 교과서는 연산 기능을 수행하는 유닛들 중 하나인 산술 연산 회로, 즉 산술 논리 회로만을 나타내는 용어로 사용하였다. Patterson[6]에 따르면 ALU

<표 1> 공업 계열 컴퓨터 구조 교과서에 제시된 연산 장치의 개념 및 구성

출판사	연산 장치의 개념 및 구성
미래엔컬처그룹	<ul style="list-style-type: none"> • 개념: 연산 장치(ALU)는 프로그램의 명령에 따라 산술 연산과 논리 연산을 실행하는 장치. • 구성: 산술 연산 회로 + 논리 연산 회로 + 누산기 + 보수기 + 데이터 레지스터 + 상태 레지스터
삼양미디어	<ul style="list-style-type: none"> • 개념: 연산 장치는 산술 연산, 논리 연산, 비트 연산, 수의 대소를 판단하기 위한 기능을 가진 장치. • 구성: 산술 연산 회로(ALU) + 누산기 + 데이터 레지스터 + 상태 레지스터
웅보출판사	<ul style="list-style-type: none"> • 개념: 연산 장치는 사칙 연산과 각종 논리 연산, 비교 연산, 데이터의 이동 등의 데이터의 연산 및 변환 작업이 이루어지는 곳. • 구성: 연산기(ALU) + 누산기 + 보수기 + 데이터 레지스터 + 상태 레지스터
한국교과서주식회사	<ul style="list-style-type: none"> • 개념: 연산 장치(ALU)는 데이터 처리를 위한 연산이 이루어지는 산술 마이크로 동작과 논리 마이크로 동작을 수행하는 디지털 회로. • 구성: 가산기 + 누산기 + 보수기 + 시프트 레지스터 + 상태 레지스터



(그림 1) 교과서의 연산 장치 구성 요소

는 CPU 내에서 명령어의 수행을 위해 데이터의 연산과 보유의 기능을 가진 부분을 구성하는 여러 유닛 중 하나이다. 따라서 ALU를 데이터의 연산과 관련된 부분 전체를 나타내는 용어로 사용하는 교과서의 내용은 문제가 될 수 있다. 일부 교과서에서 제어 장치를 제외한 CPU의 나머지 부분을 나타내는 용어로 ALU를 사용하고 있는 이유는 비교적 단순한 구조를 가졌던 초기의 CPU에서 ALU가 연산 기능을 수행하는 핵심 유닛으로 사용되었기 때문으로 추정된다.

연산 장치 구성 요소에 대한 내용에 있어서, 구성 요소 종류가 교과서마다 차이를 보였고 4종의 교과서에서 공통적으로 언급한 구성 요소들은 전문 서적의 내용과는 다르게 현재 사용되고 있는 CPU 구조를 바르게 반영하고 있지 않았다. (그림 1)은 모든 교과서에서 공통적으로 제시된 연산 장치 구성 요소를 나타낸 것이다. 전문 서적의 내용과는 상이한 이러한 구조는 높은 하드웨어 가격으로 인해 다수의 레지스터를 구현하기 힘들었던 초기의 CPU 구조에서 비롯된 것으로 보인다. 프로그램 내장 방식을 사용한 초기의 컴퓨터는 명령어에 따른 연산을 수행하기 위해 단일 레지스터를 사용하였다. 따라서 모든 연산 작업의 결과가 하나의 레지스터에 누적되었기 때문에 해당 레지스터를 누산기(accumulator)라고 불렀고 이러한 방식으로 동작하는 CPU 구조를 누산기 구조(accumulator architecture)라고 불렀다[6]. 하지만 80년대 이후에 제작된 대부분의 CPU는 <표 2>와 같이 다수의 범용 레지스터를

<표 2> 컴퓨터별 범용 레지스터 수

컴퓨터	범용 레지스터 수	제작 연도
EDSAC	1	1949
IBM 701	1	1953
CDC 6600	8	1963
Motorola 6800	2	1974
ARM	16	1985
MIPS	32	1985
DEC Alpha	32	1992

갖추고 있기 때문에 교과서에 제시된 누산기 구조는 현재의 CPU 구조를 바르게 반영하고 있다고 볼 수는 없다.

5. 결론

교과서의 질은 교육의 질을 결정하는 중요한 요인 중 하나이다. 특히 각 분야의 전문 기능·기술인 양성을 목적으로 하는 전문 교과 교육과정에 활용되는 교과서는 해당 분야의 기본적이고 핵심적인 내용과 함께 최신 이론 및 기술을 반영하는 것이 바람직하다. 하지만 공업 계열 고등학교에서 현재 활용되고 있는 컴퓨터 구조 교과서에는 컴퓨터 과학 분야의 기본 개념에 대한 정확한 설명이 이루어지지 못하고 있으며 새로운 지식과 변화된 기술 또한 반영되지 못하고 있다. 대표적인 경우가 연산 장치 영역 중 연산 장치와 관련된 개념 정의와 연산 장치의 구성 요소에 대한 내용들이다. 전문 서적과의 비교를 통해 연산 장치와 ALU에 대한 정확한 개념 정립과 함께 현재 사용되고 있는 CPU 구조를 바르게 반영할 필요가 있다는 것을 확인하였다. 이러한 문제점들은 향후 컴퓨터 과학의 역사적, 기술적 고찰을 통해 새로운 교과서에서는 개선되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 교육부 (1997). 교육부 고시 제1997-15호 [별책20] 공업 계열 고등학교 전문 교과 교육과정.
- [2] 김영석, 김영복, 민지현, 윤행기, 이문환, 홍성기 (2010). 고등학교 컴퓨터 구조. 서울: 미래엔컬처그룹.
- [3] 이상찬, 박래익, 오준섭, 지용태, 이양선 (2012). 고등학교 컴퓨터 구조. 서울: 삼양미디어.
- [4] 송한식, 김상빈, 정병현, 정중호 (2012). 고등학교 컴퓨터 구조. 서울: 웅보출판사.
- [5] 우정호, 권오석, 김성학 (2011). 고등학교 컴퓨터 구조. 서울: 한국교과서주식회사.
- [6] Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2008). Computer Organization and Design. Morgan Kaufmann Pub.
- [7] 이상욱, 서태원 (2012). 고등학교 정보 교과서에 제시된 기억 장치 영역 내용의 문제점 분석 및 개선 방안. 컴퓨터교육학회논문지, 15(3), 37-47.